



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

DOKUMENTACE HRADIŠTĚ KEPKOV

DOCUMENTATION OF THE FORTIFICATION OF KEPKOV

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Pavλίna Březinová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. VLASTIMIL HANZL, CSc.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646R003 Geodézie, kartografie a geoinformatika
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Pavλίna Březinová
Název	Dokumentace hradiště Kepkov
Vedoucí práce	doc. Ing. Vlastimil Hanzl, CSc.
Datum zadání	30. 11. 2018
Datum odevzdání	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Plaček, M.: Ilustrovaná encyklopedie moravských hradů, hrádků a tvrzí. Libri 2007

Dejmal, M., Plaček, M.: Dokumentace torzálních feudálních sídel. Archaia Brno 2015.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Zaměřte hradiště Kepkov geodetickou metodou. Body na terénu volte tak, aby podrobně zachytily významné tvary - valy a příkopy. Vytvořte mapu s vhodným intervalem vrstevnic. Vrstevnice a vizualizaci terénní plochy vytvořte v software Atlas. Vytvořte dva řezy hradištěm.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Vlastimil Hanzl, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá geodetickou dokumentací zaniklého středověkého hradiště Kepkov. Práce popisuje historii místa, význam geodetického zaměření, měřické, výpočetní, grafické práce, tvorbu kontrolních profilů a testování přesnosti. Při měřických pracích byly použity metody GNSS – RTK, polygonový pořad a tachymetrie. Pro zpracování získaných dat byly využity programy Groma v.12, MicroStation V8i a Atlas DMT. Výsledkem je účelová mapa v měřítku 1:500 na formát A3 v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv. Součástí bakalářské práce je také digitální model terénu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Účelová mapa, tachymetrie, vrstevnice, digitální model terénu, kontrolní profil, hradiště Kepkov

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with geodesic documentation of the defunct, medieval fortification of Kepkov. Thesis describes the history of location, the importance of surveying, measuring, calculation, graphics work, the creation of control cross section and the accuracy testing. During measuring work were used methods GNSS - RTK, traverse and tacheometry. For processing of acquired data were used softwares Groma v.12, MicroStation V8i and Atlas DMT. The output is the thematical map in scale 1:500 on format A3 in coordinate system S-JTSK and height system Bpv. The part of the bachelor's thesis is also the digital terrain model.

KEYWORDS

Thematical map, tacheometry, contour line, digital terrain model, control cross section, fortification of Kepkov

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Pavlína Březinová *Dokumentace hradiště Kepkov*. Brno, 2019. 39 s., 3 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce doc. Ing. Vlastimil Hanzl, CSc.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Dokumentace hradiště Kepkov* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 24. 5. 2019

Pavλίna Březinová
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Dokumentace hradiště Kepkov* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2019

Pavλίna Březinová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala doc. Ing. Vlastimilu Hanzlovi, CSc. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce. Mé poděkování patří též Bc. Marku Krylovi za spolupráci při měření v terénu. Dále bych chtěla poděkovat vyučujícím za získané informace a zkušenosti a v neposlední řadě své rodině za podporu v průběhu celého studia.

OBSAH

1.	ÚVOD.....	9
2.	LOKALITA	10
2.1	Popis lokality	10
2.2	Historie místa	11
2.3	Fotodokumentace	12
3.	VÝZNAM GEODETICKÉHO ZAMĚŘENÍ.....	13
4.	PŘÍPRAVNÉ PRÁCE.....	13
4.1	Rekognoskace terénu.....	13
4.2	Volba přístrojů a pomůcek.....	14
4.2.1	Trimble M3-2" (M3-01-2000).....	14
4.2.2	Přijímač GNSS-RTK Trimble R4-3.....	15
4.3	Volba geodetických metod	17
5.	MĚŘICKÉ PRÁCE	17
5.1	Pomocná měřická síť.....	17
5.1.1	Stabilizace bodů	17
5.1.2	Zaměření bodů	18
5.2	Podrobné body.....	20
5.3	Dva řezy hradištěm	20
6.	VÝPOČETNÍ PRÁCE.....	21
6.1	Výpočet pomocné měřické sítě.....	21
6.2	Výpočet podrobných bodů.....	23
6.3	Výpočet bodů řezů hradištěm.....	24
7.	GRAFICKÉ PRÁCE	24
7.1	Kresba hradiště	24
7.2	Digitální model terénu	27
7.3	Řezy	29
8.	TESTOVÁNÍ PŘESNOSTI VÝŠKOPISU	30
9.	ZÁVĚR	33
10.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	34
11.	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	36
12.	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	37
13.	SEZNAM PŘÍLOH.....	38

1. ÚVOD

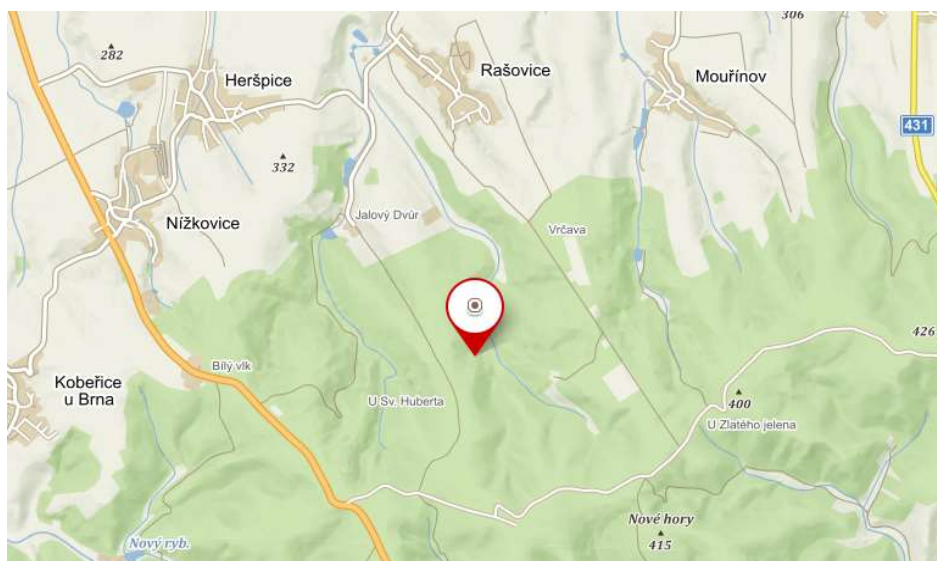
Tato bakalářská práce se zabývá mapovou dokumentací středověkého hradiště Kepkov nacházejícího se ve Ždánickém lese. Vznikla za spolupráce Ústavu geodézie FAST VUT v Brně a Ústavu archeologie filozofické fakulty Masarykovy univerzity. Zaměření hradiště bylo provedeno tachymetrickou metodou se snahou zachytit významné tvary terénu. Z geodetického měření byla vytvořena účelová mapa znázorňující výškopis za pomoci vrstevnic. Vyhotoven byl také digitální model terénu s plynulou hypsometrií a jeho 3D vizualizace. Dále byly vyhotoveny dva řezy hradištěm. Jedná se o dva kontrolní, příčné profily. Bylo provedeno testování přesnosti výškopisu.

Mapa hradiště Kepkov by měla sloužit jako mapová dokumentace pro archeology. Jde o první zaměření tohoto místa geodetickou metodou a má za úkol nahradit starší podklad vyhotovený méně přesnou metodou krokování.

2. LOKALITA

2.1 Popis lokality

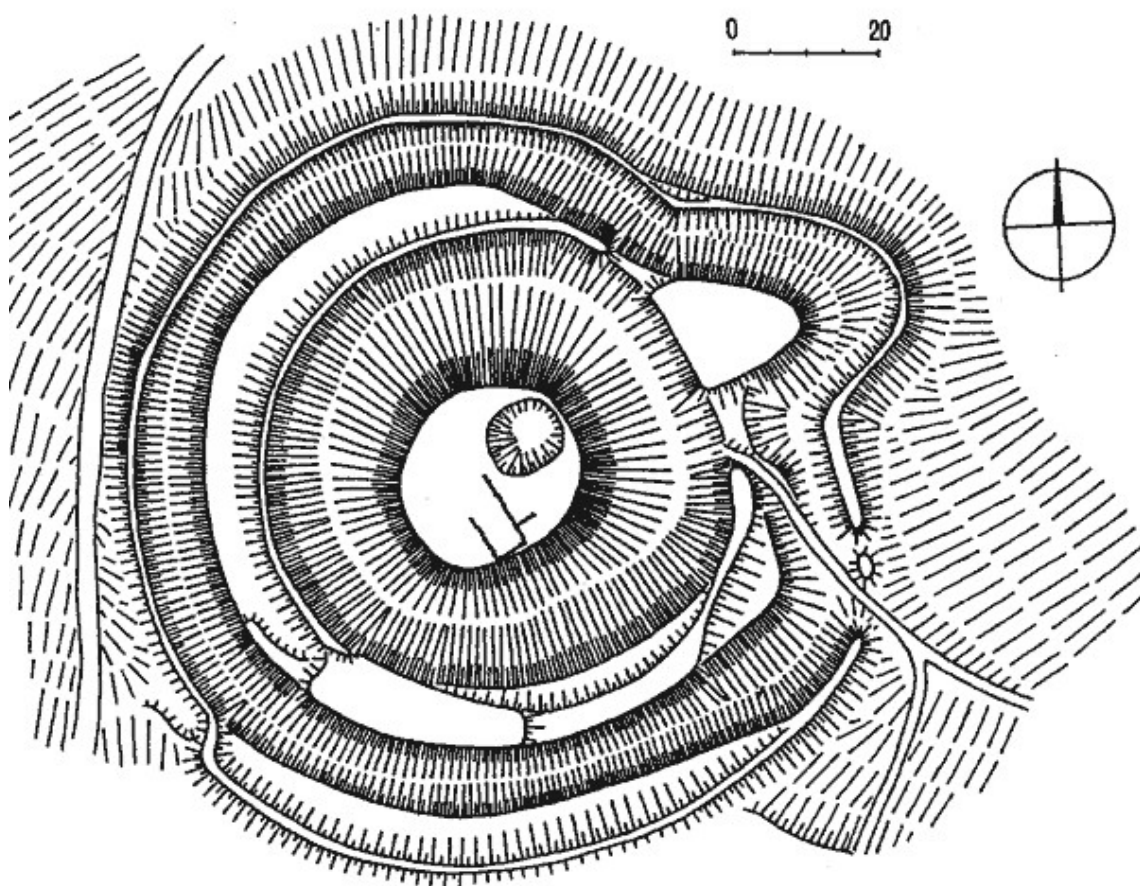
Hradiště Kepkov se nachází v okrese Vyškov, v přírodním parku Ždánický les, asi 2,5 km jižně od Rašovic, v katastrálním území obce Heršpice. Reliéf hrádku je vyřezaný do západního svahu Konůveckého údolí. Jde o zbytky výšinného opevněného sídliště, které je od 3.5.1958 památkově chráněno. Celá lokalita je porostlá listnatým lesem. Oválná plošina obytného areálu má osy o rozměrech 27 a 23 m, celkový průměr opevněného areálu je 105 m. V severovýchodním cípu centrální plošiny se nachází o 2 m snížená, rozměrná prohlubeň, do které vedlo přemostění z vnitřního valu. Soustředění kamení do pravidelných pruhů vyznačuje na jihovýchodě asi 5,5 m široké stavení. Vnitřní prstenec valu obíhá jádro za příkopem, který je 18-21 m široký a jeho hloubka oproti centrálnímu pahorku kolísá mezi 4-8,5 m. Vůči náspu, který na stoupající jižní straně převyšuje jádro o 2 m, je příkop 2,2 – 6,8 m hluboký. Val byl uzpůsoben pro osazení obránci a jeho koruna má proto šířku 8-9 m a je obklopen dalším okruhem valu a příkopu 9-10 m širokého a 2,5-4 m hlubokého. Jen tam, kde se ohýbají kolem trojúhelného výběžku má příkop šířku 12-13 m. Hloubka samotných příkopů činí 6-7 m, jejich šíře při koruně je 15-18 m, což umocňuje výškový efekt mohutný valů lemujících příkopy. Plocha chráněné lokality je 10 602 m². [1] [2]



Obrázek 1: Poloha hradiště Kepkov [9]

2.2 Historie místa

O hrádku existují písemné zprávy až z doby, kdy už byl pustý. V roce 1497 se jmenuje „Kepkov pustý kopeček“ a „hradiščko pusté Kepkov“ a v letech 1531-1543 jako hrad pustý konůvský. Zánik hrádku je datován do roku 1468 a spojován s tažením vojsk Matyáše Korvína a zánikem vesnice Konůvky. Na hrádku byla údajně nalezena keramika, zařaditelná na přelom 12. a 13. století. Četnost jejího výskytu však činí pouhé 1 %, převahu má keramika ze 14. a 15. století. Zjišťovací průzkum neposkytl úplně přesvědčivé doklady o založení hrádku a znejistil přesné datování jeho konce. Raný vznik sídla by sice byl potěšující a posunul by počátky moravských šlechtických opevněných sídel do historie, ale zdravá skepse velí vyčkat na revizní výzkum, jenž by osvětlil i dobu jeho opuštění. Podrobná historie hradiště Kepkov nám není známa. [1] [3]



Obrázek 2: Terénní náčrt hrádku [1]

2.3 Fotodokumentace



Obrázek 3: Panoramatický snímek hradiště od západu (foto P. Březinová)



Obrázek 4: Pohled na plošinu centrálního pahorku (foto P. Březinová)

3. VÝZNAM GEODETICKÉHO ZAMĚŘENÍ

Navzdory stále se rozšiřující moderní technice má geodetické zaměření lokality své neodmyslitelné místo při dokumentaci lokalit a vytváření modelů. K dispozici jsou sice volně dostupné digitální modely reliéfu (DMR), ale ne vždy zachytí lokalitu tak podrobně, jak bychom potřebovali. V případě nepříznivých podmínek (např. hustý jehličnatý les, nízká vegetace) se samotnou lokalitu nebo na ní zachované struktury nemusí podařit zachytit. V zalesněném terénu, kde se nachází množství zaniklých feudálních sídel, dosahuje střední odchylka výšky 0,3 m. Volně dostupný digitální model reliéfu 5. generace (DMR 5G) nemá dostatečně vysoký detail rozlišení a může sloužit pouze jako přehled. Významným přínosem geodetického zaměření zaniklých feudálních sídel je revize starších publikovaných plánů, které nemusí být zcela přesné, protože nebyly vytvořeny podrobným zaměřením, anebo došlo ke změnám v terénu, které odkryly nové struktury (pokles hladiny vody, změna konfigurace terénu, neodborné zásahy atd.).

V dnešní době představuje geodetické zaměření lokality neoddělitelnou součást archeologického výzkumu a prospekce. Nároky kladené na přesnou dokumentaci situací se s neustále vyvíjející technikou sice zvyšují, ale zároveň se vlastní práce zjednodušuje a zrychluje. Přesné zaměřování a vytváření plánů je důležitou součástí dokumentace, a hlavně následné ochrany památek. [4]

4. PŘÍPRAVNÉ PRÁCE

4.1 Rekognoskace terénu

Před zahájením měřických prací byla provedena rekognoskace zájmového území. Hradiště se nachází v hustě zalesněné oblasti, která je z obou stran lemována mýtinami. Místo je dobře turisticky vyznačené. Zbytky Kepkova nelze v terénu přehlédnout. Oproti mému očekávání se zde nenacházejí žádné skalní útvary nebo zbytky staveb. Po domluvě s vedoucím práce byl stanoven rozsah zaměřovaného území, které tvořilo samotné hradiště a jeho blízké okolí. To mělo být zaměřeno do vzdálenosti 15-30 m za krajní val Kepkova.

Tuto vzdálenost jsem odhadovala krokováním a byla také ovlivněna členitostí terénu a porostem. Některá místa kolem hradiště jsou zarostlá velice hustými keři a nejsou pro člověka přístupná.

V okolí lokality se nachází jen jeden trigonometrický bod (vzdálen 700 m) a proto jsem se rozhodla nepřipojovat měření na S-JTSK pomocí stávajícího bodového pole. Přilehlé mýtiny poskytly jednoznačné řešení problému připojení měření do S-JTSK pomocí pomocných měřických bodů vytvořených technologií GNSS. Tato metoda byla mnohem jednodušší, časově méně náročná a s dostačující přesností pro geodetickou dokumentaci tohoto hradiště. Při rekognoskaci terénu jsem pomocí krokování přibližně zjistila rozměry území a rozhodla jsem, že výsledná dokumentace bude v měřítku 1:500 na formátu A3.

4.2 Volba přístrojů a pomůcek

Pro geodetickou dokumentaci Kepkova nebyly stanoveny žádná kritéria přesnosti a nebyly tedy kladeny nároky na přístrojové vybavení. Dle mého uvážení jsem vybrala totální stanici Trimble M3-2" a přijímač GNSS-RTK Trimble R4-3, se kterými jsem zvyklá pracovat po dobu svého studia. Tyto přístroje byly zapůjčeny na Ústavu geodézie VUT v Brně. Společně s nimi byly zapůjčeny i ostatní pomůcky, které tvoří:

- stativ
- teleskopická výtyčka
- odrazný hranol

Zbýlé potřebné pomůcky jako je metr, kladivo a kolíky jsem použila svoje. Přístroje jsem zvolila v závislosti na geodetických metodách popsanych v další kapitole.

4.2.1 Trimble M3-2" (M3-01-2000)

Jedná se o lehkou, kompaktní a výkonnou stanici. Díky softwaru Trimble Access kombinuje ověřenou a spolehlivou mechanickou totální stanici s výkonným modulárním softwarem. Je navržena tak, aby podporovala každodenní práci – topografické měření,

vytyčování, kontrolní měření a mnohem více. Vzhledem ke své malé a lehké konstrukci je snadné a rychlé přemísťovat Trimble M3 na pracovišti. Byl použit přístroj s výrobním číslem D036261. [6]



Obrázek 5: Trimble M3-2" [5]

Přesnost měření délek	hranol	$\pm (2+2\text{ppm}) \text{ mm}$
	bezhranol	$\pm (3+2\text{ppm}) \text{ mm}$
Přesnost měření úhlů		2"
Rozlišovací schopnost dalekohledu		3"
Zvětšení dalekohledu		30x
Zorné pole dalekohledu		1°20'
Minimální vzdálenost zaostření		1,5 m
Napájení		2x vnitřní Li-on baterie
Čas provozu		přibližně 26 hodin
Citlivost kruhové libely		10'/2 mm
Ustanovky		Nekonečné
Centrovač		Optický
Rozměry		149x145x306 mm
Hmotnost		4,2 kg

Tabulka 1: specifikace Trimble M3-2" [6]

4.2.2 Přijímač GNSS-RTK Trimble R4-3

RTK systém Trimble R4-3 je založen na osvědčené GPS technologii Trimble a podporuje měření na frekvencích L1 a L2 s možností rozšíření na GLONASS. Dvoufrekvenční anténa se submilimetrovou stabilitou fázového centra poskytuje přesné výsledky i v náročných podmínkách. Přijímač běží na softwaru Trimble Access, má vysoce přesný vícenásobný korelátor pro GNSS měření, nefiltrované a nevyhlazené pseudovzdálenosti pro nízký šum a nízkou chybu z multipathu. Trimble R4-3 disponuje bytelnou, voděodolnou konstrukcí, bluetooth komunikací, volitelnými výstupními protokoly, lokálními a globálními transformacemi do S-JTSK. Byl použit přístroj s výrobním číslem 5306110578. [7] [8]



Obrázek 6: Trimble R4-3 GPS [8]

Polohová přesnost - síťové RTK	Poloha	10 mm + 1 ppm RMS
	Výška	20 mm + 1 ppm RMS
Paralelní sledování signálů		GPS: L1C/A, L1X, L2C, L2E
		GLONASS: L1C/A, L1P, L2C/A, L2P
		Galileo: E1, E5A, E5B
		COMPASS (BeiDou): B1, B2
Polohové stupně		1 Hz, 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz
Doba inicializace		typicky < 8 sekund
Spolehlivost inicializace		typicky > 99,9 %
Rozměry		19 x 10,2 cm včetně konektorů
Váha		3,04 kg se vším příslušenstvím
Napájení		Li-on baterie 7,4V, 2,6 Ah

Tabulka 2: specifikace Trimble R4-3 GPS [7]

4.3 Volba geodetických metod

Pro tvorbu měřické sítě jsem zvolila metodu polygonového pořadu a metodu rajonu. Pro zjištění souřadnic počátečního a koncového bodu polygonového pořadu a jejich orientačních bodů jsem se rozhodla využít metodu RTK, která byla díky mýtině snadno proveditelná. Tímto jsem si zajistila připojení měření do S-JTSK. Vzhledem k zalesnění lokality a její členitosti bylo pro samotné měření podrobných bodů polohopisu nejlepší využít polární metodu.

5. MĚŘICKÉ PRÁCE

5.1 Pomocná měřická síť

5.1.1 Stabilizace bodů

Body pomocné měřické sítě byly všechny stabilizovány pomocí dřevěných kolíků o rozměrech 3 x 3 x 60 cm. Kolíky jsou ze smrkového dřeva, hrot mají seříznutý ze 4 stran, jsou hoblované a hlava kolíku je obarvena červenou barvou. Kolíky jsem zvolila jako

nejvhodnější stabilizaci vzhledem k lesnímu prostředí bez skal a zpevněných povrchů. Snažila jsem se je zatlouci co nehlouběji pro co nejpevnější stabilizaci a vzhledem k hrozícímu nebezpečí poničení turisty. Body jsem volila tak, aby šly připojit pomocí technologie GNSS na S-JSTK a vzájemně proměřit pomocí polygonového pořadu a rajonů. Mým druhým cílem bylo umístit je tak, abych dokázala podrobně zaměřit celé zájmové území. [10]



Obrázek 7: Dřevěný kolík 3 x 3 x 60 cm (uprostřed) [10]

5.1.2 Zaměření bodů

Koncové body polygonového pořadu 4001, 4010 a jejich orientace, tj. body 4101 a 4102 byly zaměřeny technologií GNSS za pomoci již zmíněné aparatury Trimble R4-3. Využila jsem metodu RTK, která umožňuje určit souřadnice (S-JTSK) a nadmořské výšky (Bpv) bodů přímo v terénu. Body byly zaměřeny dvakrát, a to v jiný den a taktéž v jinou denní dobu. Jako síť permanentních referenčních stanic byla využita síť CZEPOS VRS3-iMAX-

GG. Byl využit transformační modul zpřesněné globální transformace Trimble 2013 verze 1.0 schválený ČUZK pro měření od 1.7.2012. Pro převod elipsoidické výšky do systému Bpv byl užit model kvazigeoidu CR2015. Průměrný počet satelitů jedné observace je 14 a doba observace na jednotlivých bodech činí přibližně 20 sekund.

Pomocná měřická síť byla proměřena metodou polygonového pořadu, který je oboustranně připojený a oboustranně orientovaný. Tvoří jej body 4001 až 4010 s orientacemi 4101 a 4102. Z důvodu neviditelnosti některých míst, přes členitost terénu a hustý porost, jsem musela vytvořit dva rajony. První z nich 4201 je spuštěn z bodu 4003 a je zpětně orientován na tento bod a na bod 4004. Druhý rajon 4202 je změřen z bodu 4007 a je zpětně orientován na body 4007 a 4004. Využit byl až při vytyčování bodů kontrolních profilů.



Obrázek 8: Měřická síť a ortofoto

5.2 Podrobné body

Podrobné body jsem zaměřila za pomoci polární metody se současným měřením výšek – tedy metodou tachymetrie. Byl využit odrazný hranol na výtyčce, jehož výška se musela často měnit, z důvodu členitosti terénu. Taktéž bylo za potřebí využít metody polární kolmice, protože na mnoho bodů nebylo přes stromy vidět. Většinu podrobných bodů tvoří body charakterizující valy a příkopy, tedy body pat a hran. Dále body na svazích, které jsem rozmísťovala v závislosti na tvaru a svažitosti. Pár bodů tvoří polohopis lesní cesty, která obchází hradiště Kepkov ze západní strany. Tato cesta nebyla na některých místech jednoznačně definovatelná, ale snažila jsem se ji co nejlépe vystihnout. Měření probíhalo od 13. do 15.10.2017.

5.3 Dva řezy hradištěm

Posledním požadavkem bylo provést dva řezy hradištěm. Jejich účelem je zjistit, zda je hustota podrobných bodů dostačující a zda jsou vrstevnice vygenerované správně. V softwaru VKM jsem vypočetla souřadnice dvou výškových profilů. První (profil A) je tvořen krajními body 452, 453 a hradiště protíná od severovýchodu k jihozápadu. Druhý (profil B) je ohraničen body 454, 455 a směřuje od severozápadu k jihovýchodu. Oba jsou dlouhé přibližně 130 m a svírají úhel asi 75°. Protínají hradiště a zasahují až za něj, do okrajových částí celého měřeného území. Body profilů jsou rozmístěné v závislosti na svažitosti terénu – čím výraznější, tím více bodů a jsou umístěné tam, kde profil protíná již dříve určené hrany nebo paty. V terénu jsem nahrála do totální stanice všechny souřadnice profilů (soubor s příponou .csv) a vytyčila jsem je. Při vytyčování bylo nutné zadat do totální stanice měřítkový koeficient (viz kapitola 6.1). Vytyčené body jsem zaměřila s dodržanou odchylkou dX, dY do 0,05 m, ale některé body vyšly do středů stromů. Tyto body jsem musela polohově posunout, aby šly zaměřit.

Všechny naměřená data byla uložena v paměti totální stanice. Jednalo se o zápisníky ve formátu mapa2 s příponou asc. Tyto zápisníky jsem stáhla na flash disk k následnému zpracování v počítači.

6. VÝPOČETNÍ PRÁCE

6.1 Výpočet pomocné měřické sítě

Body potřebné k připojení měřické sítě do S-JTSK a Bpv, tedy počáteční, koncový bod polygonu a jejich orientace byly zaměřeny metodou RTK. Z tohoto důvodu nebylo potřeba počítat jejich souřadnice v post-processingu. Z obou měření byl stažen protokol, který obsahoval již přetransformované souřadnice v S-JTSK a Bpv. Tyto dvojice souřadnic naměřené v jiný den a jinou denní dobu aparatura sama zprůměrovala. Vepsala jsem je do přehledné tabulky a využila pro další výpočty.

Bod	První měření		Druhé měření		Rozdíly		Průměr	
	Y	X	Y	X	dY [m]	dX [m]	Y	X
4001	574517,66	1174354,50	574517,67	1174354,51	0,01	0,01	574517,67	1174354,51
4010	574480,68	1174358,18	574480,68	1174358,18	0,00	0,00	574480,68	1174358,18
4101	574471,86	1174361,84	574471,89	1174361,82	0,03	-0,02	574471,88	1174361,83
4102	574448,60	1174350,41	574448,57	1174350,39	-0,03	-0,02	574448,59	1174350,40

Tabulka 3: Souřadnice určené metodou RTK v S-JTSK

Bod	První měření	Druhé měření	Rozdíl [m]	Průměr
4001	339,14	339,11	-0,03	339,13
4010	335,64	335,66	0,02	335,65
4101	334,40	334,34	-0,06	334,37
4102	327,21	327,15	-0,06	327,18

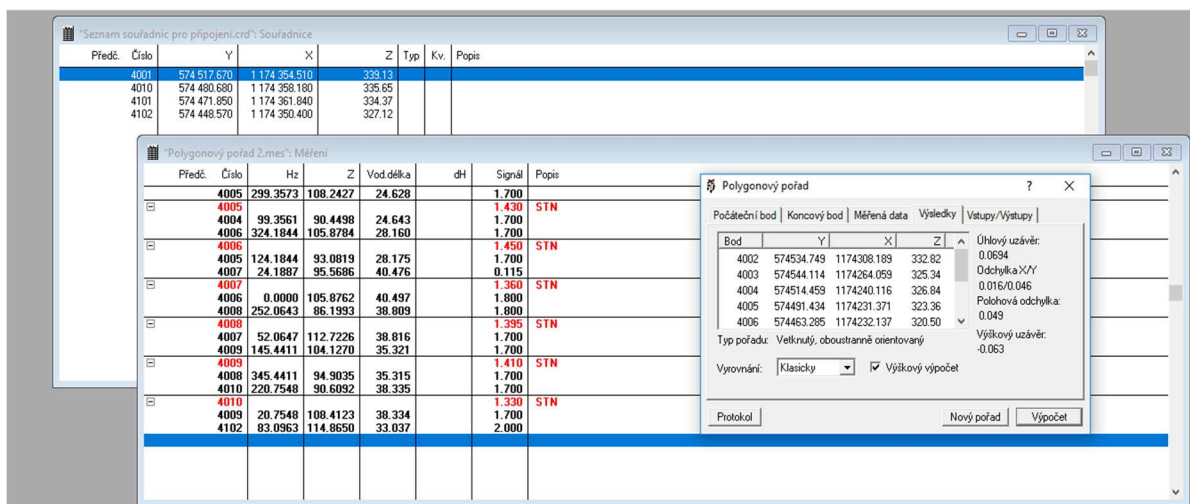
Tabulka 4: Nadmořské výšky určené metodou RTK v systému Bpv (m n.m.)

Díky znalosti souřadnic počátečního, koncového bodu pořadu a jejich orientací, jsem mohla pomocí softwaru Groma vypočítat souřadnice naměřeného polygonového

pořadu. Jako první krok bylo nutné nastavit matematické korekce, které doposud nebyly zavedeny. V Gromě pro tyto účely slouží nástroj „Křovák“ do kterého stačí zadat souřadnice jednoho bodu v měřeném území. Nástroj vypočítá měřítkový koeficient, který je zaváděn do dalších výpočtů a koriguje hodnoty o opravy z kartografického zobrazení a opravy z nadmořské výšky. Tento krok je možno kontrolovat při importu měřených dat do Gromy. Já jsem měřítkový koeficient spočítala z bodu 4001 určeného metodou RTK.

Obrázek 9: Nástroj Křovák pro výpočet měřítkového koeficientu

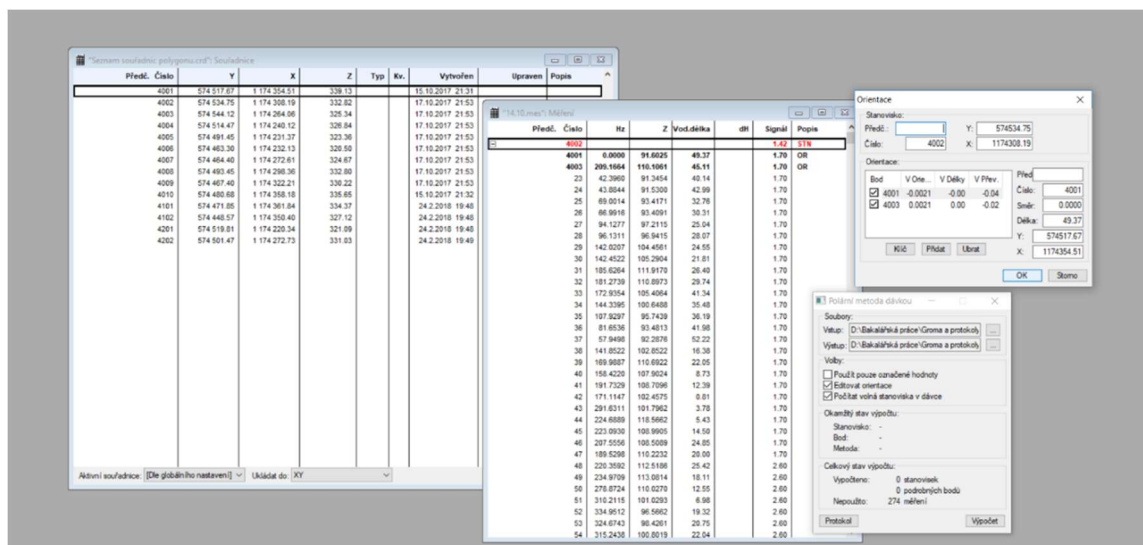
Aby šel zápisník nahrát do Gromy, bylo nutné jeho příponu změnit na .zap. Potom jsem přes nabídku „výpočty – polygonový pořad“ na kartě „vstupy/výstupy“ vybrala možnost načíst pořad ze zápisníku. Díky čtyřem známým souřadnicím otevřeným v souboru s příponou .crd se polygon po stlačení tlačítka „výpočet“ automaticky spočítal. Výpočet je doložen v protokolu i s dosaženými odchylkami.



Obrázek 10: Výpočet polygonu načtením pořadu ze zápisníku

6.2 Výpočet podrobných bodů

Souřadnice podrobných bodů byly určeny taktéž v Gromě. Byla využita výpočetní úloha polární metoda dávkou. Jako vstupní soubor bylo nutné vybrat nahraný zápisník měření s příponou .mes (vytvořený Gromou po importu ze souboru s příponou .zap) a jako výstupní soubor seznam souřadnic pomocné měřické sítě s příponou .crd. Celý výpočet se provede jedním klikem. Současně s podrobnými body byly určeny i souřadnice dvou bodů určených rajonem – 4201 a 4202. V průběhu výpočtu jsem kontrolovala dosažené odchylky v úhlech a délkách u orientací. Vyhodnotila jsem je jako přijatelné. Výsledky s dosaženými odchylkami jsou obsaženy v protokolech, které tvoří přílohy 4.4.2.5 až 4.4.2.8.



Obrázek 11: Polární metoda dávkou

6.3 Výpočet bodů řezů hradištěm

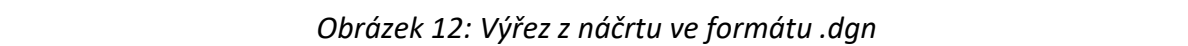
Výpočet těchto bodů proběhl stejným způsobem a se všemi náležitostmi jako u podrobných bodů. Byly zavedeny korekce z nadmořské výšky a z kartografického zobrazení. Vypočítané body jsou v seznamu souřadnic v příloze 4.4.2.12.

Pomocí programu Groma jsem vypočetla jednotlivá staničení podrobných bodů řezu od počátečních bodů. Pro tento výpočet jsem využila funkci „ortogonální vytyčovací prvky“. Ty šly vypočítat přímo ze zápisníku. Jedním klikem tak vznikl seznam měření s ortogonálními daty. Další výpočty jsem prováděla v programu Microsoft Excel. Do tabulek jsem sepsala staničení a naměřené nadmořské výšky. Oboje jsem přepočítala ve vhodně zvoleném měřítku a tím jsem si připravila data na vykreslení obou řezů.

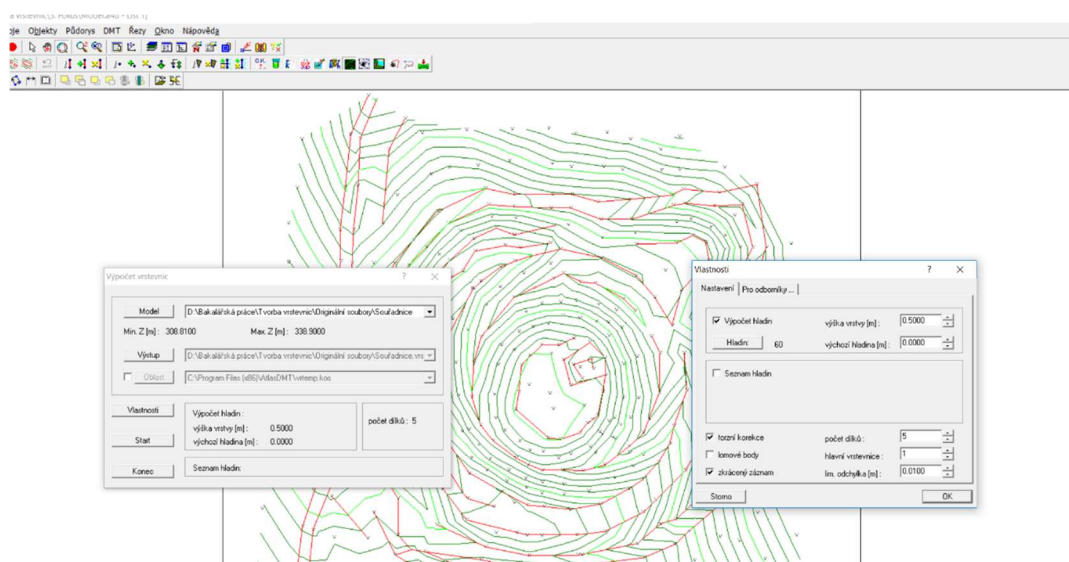
7. GRAFICKÉ PRÁCE

7.1 Kresba hradiště

Výsledná mapa hradiště Kepkov je vyhotovena v měřítku 1:500 na formát A3. Vypočtené souřadnice bodů byly pomocí aplikace MDL – nadstavby Groma v.12 v programu

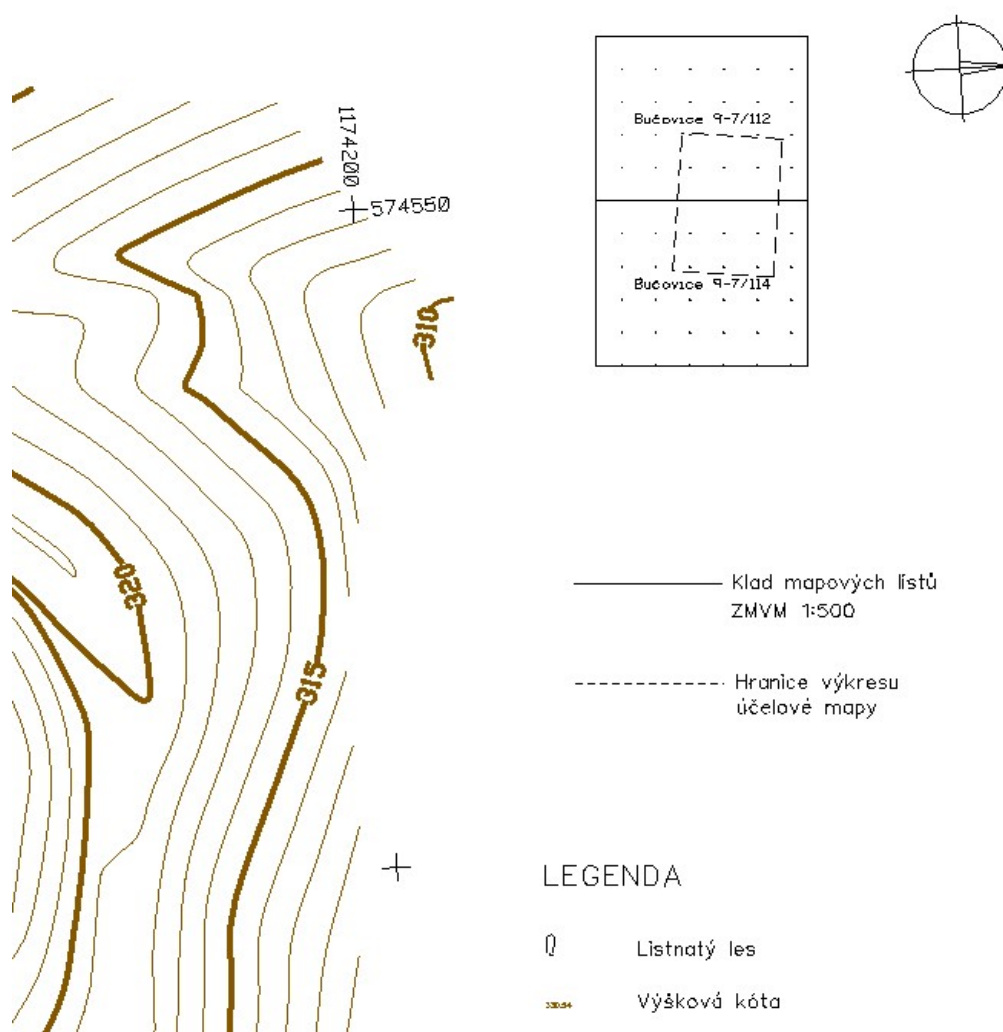


Používá se právě na vyznačení terénních zlomů jako jsou hrany, paty svahů a příkopů. Tento soubor jsem vytvořila pomocí náčrtu. V programu Atlas DMT jsem založila nový výkres s příponou .a4d a do něj importovala body. Poté jsem s pomocí souboru s přepisem hran provedla generaci modelu terénu. Posledním krokem byl výpočet vrstevnic. Základní interval vrstevnic jsem zvolila 1 m a interval zesílených vrstevnic 5 m. Zesílené vrstevnice byly doplněny o popis. Výsledný výkres s vrstevnicemi byl vyexportován do formátu .dxf, který jsem v programu MicroStation V8i zkonvertovala na .dgn. Tento soubor byl poté připojen do souboru s nadmořskými výškami bodů. Nadmořské výšky byly ponechány jen na významných místech terénu. Vrstevnice byly upraveny a vyhlazeny.



Obrázek 13: Generace vrstevnic v programu Atlas

Do výsledné kresby výškopisu pomocí vrstevnic byl nakreslen rám výkresu odpovídající rozměrům formátu A3 (420 x 297 mm) v měřítku 1:500. Dále byly pomocí nadstavby MGEO v programu MicroStation 95 vytvořeny křížky čtvercové sítě a vloženy mapové listy, které odpovídají ZMVM v měřítku 1:500. V pravém horním rohu výkresu je přehledka umístění mapy hradiště Kepkov vzhledem k těmto mapovým listům. Dále byla kresba doplněna o legendu, směrovou růžici k severu a popisovou tabulku, jak je možné vidět na obrázku 14.

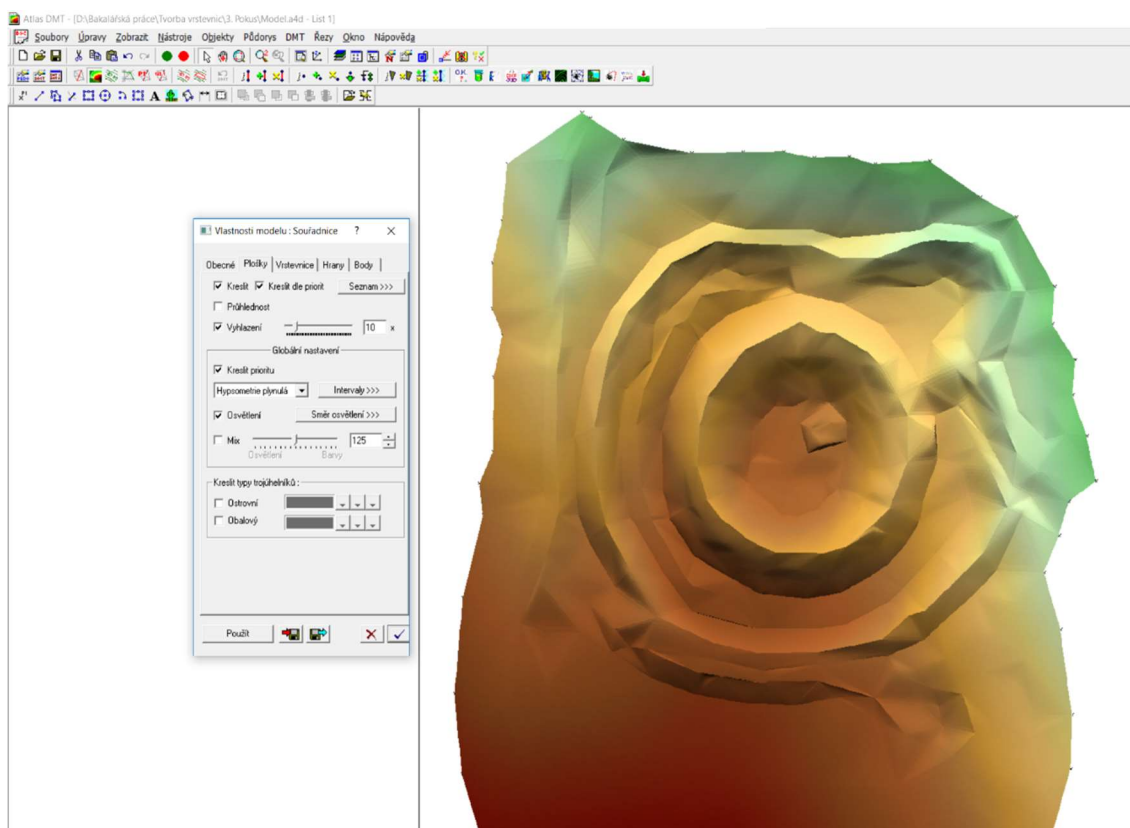


Obrázek 14: Prvky mapy vytvořené v nadstavbě MGEO

7.2 Digitální model terénu

Digitální model terénu (DMT) je digitální reprezentace zemského povrchu v paměti počítače, složená z dat a interpolačního algoritmu, který umožňuje odvozovat výšky mezilehlých bodů. Byl automaticky vytvořen programem Atlas, takže jej stačilo upravit přes položku „Vlastnosti modelu terénu“. Model jsem dotvořila pomocí barevné hypsometrie. Jedná se o kartografickou techniku znázornění terénního reliéfu na mapě pomocí vrstevnic a plošného vybarvení jednotlivých výškových vrstev mezi nimi. U dotváření jsem využila vyhlazení a osvětlení modelu. Barevné intervaly lze libovolně měnit. Vybrala jsem rozložení

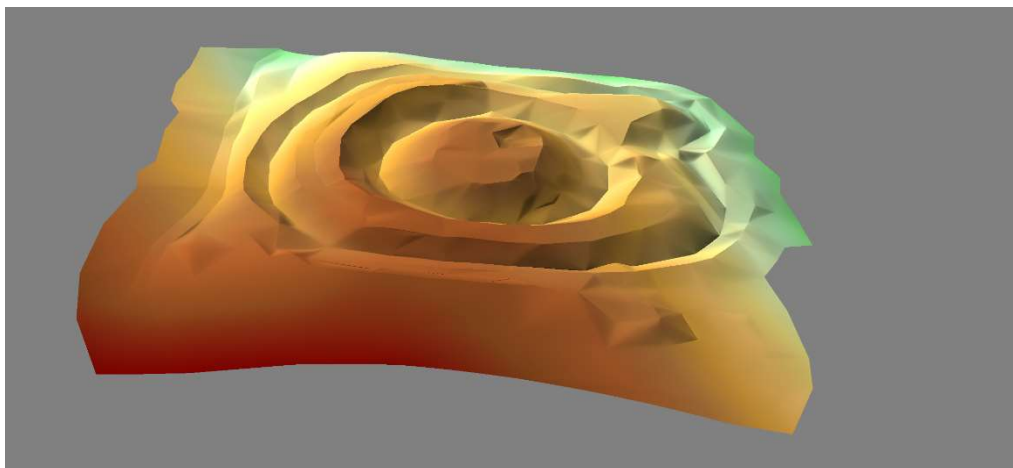
barev podle výškových extrémů z projektu. K modelu jsem přidala legendu, jejíž účelem je poskytnout informaci, jak jsou rozloženy barevné intervaly vzhledem k výškovým hodnotám. Skládá se z barevné stupnice a textového popisu. Legendu program generuje sám v závislosti na barevném rozložení intervalů hypsometrie. DMT jsem vyexportovala jako rastrový soubor s příponou .bmp. [11] [12]



Obrázek 15: Tvorba DMT s barevnou hypsometrií v programu Atlas

Taktéž jsem vytvořila 3D vizualizaci digitálního modelu terénu. Úkon spočíval v přepnutí pohledu, nastavení výšky cíle a kamery. Opět byla použita plynulá hypsometrie. Model byl vyhlazen. Jako výsledek jsem zhotovila snímky hradiště z více světových stran.

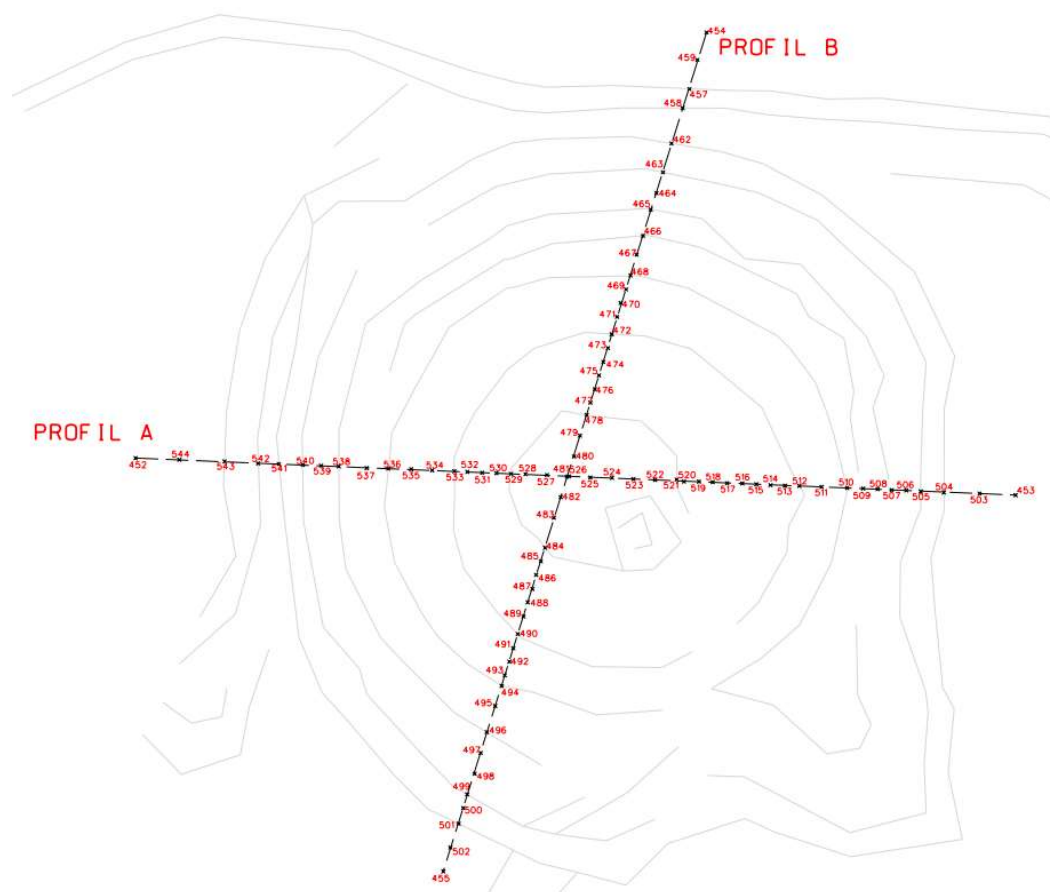
Přílohou této bakalářské práce je i soubor „4.4.4.1 DMT.a4d“ ve kterém je celý projekt digitálního modelu terénu hradiště Kepkov.



Obrázek 16: 3D vizualizace hradiště – pohled ze západní strany

7.3 Řezy

Řezy použité jako kontrolní profily A a B jsem graficky zpracovala v programu MicroStation V8i za pomoci dříve vypočtených dat. Profily obsahují staničení a výškové kóty z měření a z mapy. Měřítko staničení jsem v obou případech zvolila 1:400 a měřítko výšek 1:250. Výšky jsou kresleny od srovnávací roviny, která je ve výšce 300 m n. m.. Kresba profilů byla doplněna o data potřebná k testování přesnosti výškopisu, tedy o výšky bodů získanými metodou lineární interpolace z mapy a o jejich rozdíly od měřených výšek. Tyto rozdíly byly vykresleny ve větším měřítku 1:100. Byl vyhotoven přehledný náčrt kontrolních profilů hradištěm, který je vidět na obrázku 17.



Obrázek 17: Přehledný náčrt kontrolních profilů

8. TESTOVÁNÍ PŘESNOSTI VÝŠKOPISU

Pro otestování dostatečné hustoty bodů a správnosti vygenerování vrstevnic byl použit návod a kritéria dané normou ČSN 01 3410 pro 3. třídu přesnosti.

K testování přesnosti výšek podrobných bodů se vypočtou rozdíly výšek:

$$\Delta H = H_m - H_k \quad (1)$$

H_m ... výška podrobného bodu výškopisu (lineárně interpolovaného z mapy)

H_k ... výška téhož bodu z kontrolního měření

Dosažení stanovené přesnosti se testuje pomocí výběrové směrodatné výškové odchylky S_H , vypočtené ze vztahu:

$$S_H = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{j=1}^N \Delta H_j^2} \quad (2)$$

N ... počet dvojic bodů

Hodnota koeficientu k v rovnici (2) je rovna 2, protože kontrolní určení má stejnou přesnost jako metoda určení výšek.

Přesnost určení výšek se pokládá za vyhovující, když:

- a) hodnoty rozdílů výšek ΔH , vypočtených podle rovnice (1), vyhovují kritériu

$$|\Delta H| \leq 2u_H * \sqrt{k} \quad (3)$$

- b) je přijata statistická hypotéza, že výběr přísluší stanovené třídě přesnosti, tj. výběrová směrodatná výšková odchylka S_H , vypočtená z rovnice (2), vyhovuje kritériu pro výšky H_m určené z vrstevnic

$$S_H \leq \omega_N * u_V \quad (4)$$

u_V ... koeficient z tabulky na obrázku číslo 15

Koeficient k má stejnou hodnotu jako v rovnici (2). Koeficient ω_N má při volbě hladiny významnosti $\alpha = 5\%$ hodnotu 1,1 pro výběr rozsahu N od 80 do 500 bodů. [13]

Třída přesnosti	u_{XY} m	u_H m	u_V m
1	0,04	0,03	0,30
2	0,08	0,07	0,40
3	0,14	0,12	0,50
4	0,26	0,18	0,80
5	0,50	0,35	1,50

Obrázek 18: Tabulka kritérií přesnosti dle ČSN 01 3410 [13]

Výpočty byly provedeny v programu Microsoft Excel. Obě podmínky byly splněny u všech 90 testovaných bodů. Kompletní testování přesnosti výškopisu tvoří digitální přílohu „4.4.5.4 Testování přesnosti.xlsx“. Přesnost určení výšek je vyhovující pro 3. třídu přesnosti.

9. ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo zpracování výškopisné mapy a vizualizace terénní plochy hradiště Kepkov. V dané lokalitě byla vybudována pomocná měřická síť za pomoci technologie GNSS, metody polygonového pořadu a rajonů. Měření bylo připojeno do systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) a do závazného výškového systému Balt po vyrovnání (Bpv). Podrobné body polohopisu a výškopisu byly zaměřeny polární metodou a dále byly zpracovávány v softwarech Groma v.12, MicroStation V8i a Atlas DMT. Mapa byla vyhotovena v měřítku 1:500 na formát A3. Výškopis tvoří vrstevnice a výškové kóty na významných bodech terénu. Dalším výsledkem práce byl digitální model terénu s barevnou hypsometrií. Na jeho 3D vizualizaci je nejlépe vidět, jak reliéf terénu vypadá a je možné si snadněji představit, jak hradiště mohlo vypadat. Byly vyhotoveny dva řezy hradištěm, využité jako kontrolní profily. V jejich návaznosti bylo vyhotoveno testování přesnosti výškopisu a bylo zjištěno, že mapa vyhovuje 3. třídě přesnosti podle ČSN 01 3410.

10. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] PLAČEK, Miroslav, 2007. *Ilustrovaná encyklopedie moravských hradů, hrádků a tvrzí*. 2. vyd. Praha: Libri. ISBN 978-80-7277-338-1.
- [2] Národní pozemkový úřad, 2015. *Památkový katalog: Hrádek Kepkov* [online]. Praha: Porta [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <http://pamatkovykatalog.cz/?presenter=ElementsResults&action=element&element=11946986>
- [3] Hrady.cz. *Hrady a zámky České republiky: hrad Kepkov* [online]. Praha 2004 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: http://www.hrady.cz/index.php?p=main_copyright
- [4] DEJMAL, Miroslav a Miroslav PLAČEK, 2015. *Dokumentace torzních feudálních sídel* [online]. Brno: Archaia [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/67031129-Dokumentace-torzalnich-feudalnich-sidel.html>
- [5] *Totální stanice Trimble M3* [online], 2018. Pardubice: Geodetické centrum [cit. 2018-04-27]. Dostupné z: https://www.geoserver.cz/totalni-stanice/totalni-stanice/totalni_stanice_trimble_m3-totalni_stanice_trimble_m
- [6] *Totální stanice Trimble M3: Technický popis* [online], 2014. Praha: Geotronics [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: http://geotronics.cz/wp-content/uploads/2016/05/022543-155J-CZE_TrimbleM3_DS_A4_0414_LR-00000002.pdf
- [7] *Trimble R4 GPS: Technické specifikace* [online], 2009. Praha: Geotronics [cit. 2018-04-27]. Dostupné z: http://geotronics.cz/wp-content/uploads/2016/05/DS_R4_CZ_GTR.pdf
- [8] *Trimble R4 GNSS* [online], 2018. Pardubice: Geodetické centrum [cit. 2018-04-27]. Dostupné z: https://www.geoserver.cz/gnss-gps-gis-software/geodeticke-gnss/trimble_r4_gnss_novinka_-1074
- [9] *Hradiště Kepkov* [online], 2015. Praha: mapy.cz [cit. 2018-04-27]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=16.9502014&y=49.0966819&z=17&source=base&id=2117732&q=hradi%C5%A1t%C4%9B%20kepkov>
- [10] *Katalog zboží: Kolík 3 x 3 x 60 cm* [online], 2018. Praha: GP [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <http://gpprague.cz/eshop/kolik-dreveny-3-x-3-x-60cm-hoblovany-delka-60cm-p-665.html>
- [11] *Atlas: Manuály* [online], 2018. Praha: ATLAS, spol. s r.o. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://www.atlasltd.cz/manualy.html>

- [12] *VÚGTK: Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí* [online], 2018. Zdiaby: VÚGTK [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://www.vugtk.cz/slovník/>
- [13] *ČSN 01 3410: Mapy velkých měřítek - Základní a účelové mapy*, 2014. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

11. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

S-JTSK	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
Bpv	Baltský po vyrovnání
GPS	Global Positioning System (Globální polohový systém)
GLONASS	Ruský globální navigační družicový systém
COMPASS	Čínský globální navigační družicový systém
RTK	Real Time Kinematic (kinematické měření v reálném čase)
ČSN	Česká státní norma
DMR	Digitální model reliéfu
DMR (5G)	Digitální model reliéfu 5. generace
DMT	Digitální model terénu
ppm	parts per million
RMS	Root Mean Square
Hz	hertz
V	volt
Ah	ampérhodina
cm	centimetr
m	metr
m n.m.	metry nad mořem
mm	milimetr
kg	kilogram
3D	3-Dimension (třírozměrná grafika)
CZEPOS	Síť permanentních stanic GNSS České republiky
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
MDL	MicroStation Development Language
ZMVM	Základní mapa velkého měřítka
VUT	Vysoké učení technické

12. SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1: Poloha hradiště Kepkov [9]	10
Obrázek 2: Terénní náčrt hrádku [1].....	11
Obrázek 3: Panoramatický snímek hradiště od západu (foto P. Březinová)	12
Obrázek 4: Pohled na plošinu centrálního pahorku (foto P. Březinová)	12
Obrázek 5: Trimble M3-2" [5]	15
Obrázek 6: Trimble R4-3 GPS [8].....	16
Obrázek 7: Dřevěný kolík 3 x 3 x 60 cm (uprostřed) [10]	18
Obrázek 8: Měřická síť a ortofoto.....	19
Obrázek 9: Nástroj Křovák pro výpočet měřítkového koeficientu	22
Obrázek 10: Výpočet polygonu načtením pořadu ze zápisníku.....	23
Obrázek 11: Polární metoda dávkou	24
Obrázek 12: Výřez z náčrtu ve formátu .dgn	25
Obrázek 13: Generace vrstevnic v programu Atlas	26
Obrázek 14: Prvky mapy vytvořené v nadstavbě MGEO	27
Obrázek 15: Tvorba DMT s barevnou hypsometrií v programu Atlas	28
Obrázek 16: 3D vizualizace hradiště – pohled ze západní strany	29
Obrázek 17: Přehledný náčrt kontrolních profilů	30
Obrázek 18: Tabulka kritérií přesnosti dle ČSN 01 3410 [13]	31
Tabulka 1: specifikace Trimble M3-2" [6]	15
Tabulka 2: specifikace Trimble R4-3 GPS [7].....	17
Tabulka 3: Souřadnice určené metodou RTK v S-JTSK.....	21
Tabulka 4: Nadmořské výšky určené metodou RTK v systému Bpv (m n.m.)	21

13. SEZNAM PŘÍLOH

1. Mapa.pdf (analogově)
2. Kontrolní profil A.pdf (analogově)
3. Kontrolní profil B.pdf (analogově)
4. CD
 - 4.1 Mapa.dgn
 - 4.2 Kontrolní profil A.dgn
 - 4.3 Kontrolní profil B.dgn
 - 4.4 Digitální data
 - 4.4.1 Pomocná měřická síť
 - 4.4.1.1 GNSS
 - 4.4.1.1.1 Protokol GNSS měření.txt
 - 4.4.1.1.2 Zprůměrované souřadnice.txt
 - 4.4.1.2 Polygonový pořad
 - 4.4.1.2.1 Zápisník PP.zap
 - 4.4.1.2.2 Protokol o výpočtu PP.pro
 - 4.4.1.2.3 Seznam souřadnic PP.txt
 - 4.4.2 Podrobné měření
 - 4.4.2.1 Zápisník 01.zap
 - 4.4.2.2 Zápisník 02.zap
 - 4.4.2.3 Zápisník 03.zap
 - 4.4.2.4 Zápisník 04.zap
 - 4.4.2.5 Protokol o výpočtu 01.pro
 - 4.4.2.6 Protokol o výpočtu 02.pro
 - 4.4.2.7 Protokol o výpočtu 03.pro
 - 4.4.2.8 Protokol o výpočtu 04.pro
 - 4.4.2.9 Seznam souřadnic podrobných bodů
 - 4.4.3 Kresba
 - 4.4.3.1 Přehledný náčrt měřické sítě.dgn
 - 4.4.3.2 Čísla bodů.dgn
 - 4.4.3.3 Nadmořské výšky bodů.dgn
 - 4.4.3.4 Měřický náčrt.dgn
 - 4.4.4 DMT
 - 4.4.4.1 DMT.a4d
 - 4.4.4.2 DMT.bmp
 - 4.4.4.3 3D vizualizace DMT 01.bmp
 - 4.4.4.4 3D vizualizace DMT 02.bmp
 - 4.4.5 Kontrolní profil
 - 4.4.5.1 Přehledný náčrt kontrolních profilů.pdf

- 4.4.5.2 Kontrolní profil A.dgn
- 4.4.5.3 Kontrolní profil B.dgn
- 4.4.5.4 Testování přesnosti.xlsx
- 4.4.5.5 Zápisník profilů.zap
- 4.4.5.6 Protokol o výpočtu profilů.pro
- 4.4.5.7 Seznam souřadnic profilů.txt